



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 195 20 563 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 195 20 563.4
㉔ Anmeldetag: 6. 6. 95
㉕ Offenlegungstag: 12. 12. 96

⑤① Int. Cl.⁸:
G 03 F 7/20
G 02 B 19/00
G 02 B 27/09
G 02 B 3/00
G 02 B 3/08

DE 195 20 563 A 1

㉚ Anmelder:
Fa. Carl Zeiss, 89518 Heidenheim, DE

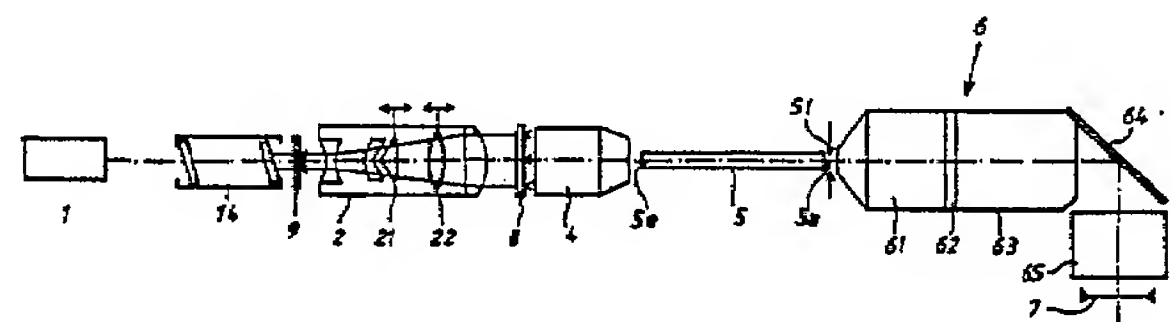
㉚ Erfinder:
Wangler, Johannes, 89551 Königsbronn, DE; Ittner,
Gerhard, 73447 Oberkochen, DE

⑤④ Beleuchtungseinrichtung für ein Projektions-Mikrolithographie-Gerät

⑤⑦ Beleuchtungseinrichtung für ein Projektions-Mikrolithographiegerät mit einem Laser (1) und einem Objektiv (2), bei dem in der Austrittspupille und der Objektebene des Objektivs (2) oder in dazu äquivalenten Ebenen der Beleuchtungseinrichtung je ein (diffraktives) optisches Rasterelement (8, 9) mit zweidimensionaler Rasterstruktur angeordnet ist.

Dient zur angepaßten Erhöhung des Lichtleitwerts und zur Lichtbündelformung, z. B. kreis-, ring- oder quadropolförmig.

Zur Kombination mit Zoom- oder Axicon-Objektiv (2), sowie mit Glasstab (5) geeignet.



DE 195 20 563 A 1

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für ein Projektions-Mikrolithographie-Gerät mit einem Laser und einem Objektiv.

Eine solche Einrichtung ist z. B. in der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung DE-P 44 21 053 beschrieben.

Als Lichtquellen für die Mikrolithographie werden Laser primär deshalb verwendet, weil sie sehr schmalbandiges Licht emittieren und, im Falle von Excimer-Lasern, Licht sehr geringer Wellenlänge im tiefen UV-Bereich emittieren. Ihre zeitliche und räumliche Kohärenz, sowie der geringe Querschnitt und die geringe Divergenz des Lichtbündels sind jedoch der Situation bei Beleuchtungseinrichtungen für die Mikrolithographie nicht angepaßt.

Durch einzelne abbildende optische Elemente im Lichtbündelquerschnitt können Querschnitt und Divergenz nicht verändert werden — der Lichtleitwert kann nicht vergrößert werden (vgl. Young, M., Optics and Lasers, Berlin 1984, Seite 51, sowie Mütze, K., ABC der Optik, Hanau 1961, Seite 477f). Eng verwandt mit der Erhaltung des Lichtleitwerts ist die Lagrange-Invariante (vgl. Young, a.a.O., Seite 50/51).

Zur Vergrößerung des Lichtleitwerts sind Streuelemente bekannt. Üblich sind dafür mattgeätzte Glas- oder Quarzglasplatten mit statistisch orientierten Mikro-Flächen, die brechend, reflektierend oder beugend wirken. Das Streuprofil solcher Streuplatten ist sehr stark mittenbetont, verteilt aber auch noch erhebliche Energie in einem Verteilungsschwanz bei großen Winkeln.

Gezielte Strahlverteilungen mit Divergenz- und Querschnittsvergrößerung sind mit Linsenrastern erzielbar, die für den UV- und DUV-Bereich erhältlich sind.

Diffraktive optische Rasterelemente in Quarz können durch Photolithographie in unterschiedlichsten Ausführungen hergestellt werden und können Rasterlinsenplatten substituieren.

Die EP 0 312 341 beschreibt eine Waferbelichtungsanlage mit Waferstepper, Projektionsobjektiv, Excimer-Laser, Strahlformungs- und Aufweitoptik und einem Beleuchtungssystem mit mehreren Linsengruppen, in dessen Eintrittspupille und einer weiteren Ebene zwei divergenzerzeugende Elemente vorgesehen sind. Im Unterschied zur vorliegenden Erfindung ist die zweite Ebene ebenfalls eine Pupillenebene und die beiden Elemente sind stochastische Streuscheiben mit streuenden Silizium-Kristalliten. Auch ist zusätzlich ein oszillierender Spiegel vorgesehen.

Das ganze dient zur Reduktion der räumlichen Kohärenz. Die Bedeutung der Anpassung der räumlichen Kohärenz durch Vergrößerung der effektiven Lichtquelle für Waferbelichtungsanlagen wird beschrieben.

Eine anamorphotische Wirkung können die beiden Streuscheiben nicht haben. Zoom, Axicon und Glasstab sind nicht beschrieben. Ein nicht gerastertes diffraktives optisches Element in Form eines geblazten Transmissionsgitters mit konzentrischen Mehrplateau-Ringen ist in der Pupille des Projektionsobjektivs zur Korrektur von Aberrationen der Wellenfront vorgesehen.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gattungsgemäße Beleuchtungseinrichtung anzugeben, die mit hohem Wirkungsgrad bei mäßiger Komplexität eine Beleuchtung des Wafers mit geeigneter Form des Lichtflecks, Divergenz, Kohärenz und Homogenität ergibt, und

zwar wahlweise sowohl für Wafer-Stepper als auch für Wafer-Scanner.

Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Beleuchtungseinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Bei einer Beleuchtungseinrichtung für ein Projektions-Mikrolithographie-Gerät mit einem Laser und einem Objektiv ist demnach in der Objektebene und der Austrittspupille des Objektivs oder in dazu äquivalenten Ebenen je ein optisches Rasterelement mit zweidimensionaler Rasterstruktur angeordnet.

Mit diesen so angeordneten zwei Rasterelementen läßt sich die erforderliche Divergenzvergrößerung des Laserlichts gezielt zu einer Formung des Lichtbündels nutzen, die besten Wirkungsgrad und vereinfachte Gestaltung der weiteren optischen Baugruppen ermöglicht.

Vorteilhafte Ausführungen sind Gegenstand der Unteransprüche 2 bis 27.

Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel ist in der Zeichnung dargestellt und wird zur näheren Beschreibung der Erfindung benutzt.

Fig. 1 zeigt eine schematische Übersicht über eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung;

Fig. 2a zeigt ein Rasterelement des ersten diffraktiven optischen Elements schematisch in Ansicht;

Fig. 2b zeigt ein Phasenprofil des diffraktiven Rasterelements nach Fig. 2a;

Fig. 3a zeigt ein Rasterelement des zweiten diffraktiven optischen Elements schematisch in Ansicht;

Fig. 3b zeigt ein Phasenprofil davon;

Fig. 3c zeigt ein Phasenprofil eines alternativen binären diffraktiven optischen Elements.

Die Fig. 1 ist weitgehend als Kombination der Fig. 4d (Laser 1 bis zweites diffraktives optisches Element 8) und 4c (Rest bis Reticle 7) in der nicht vorveröffentlichten Anmeldung DE-P 44 21 053 des gleichen Anmelders beschrieben. Neu ist das erste diffraktive optische Element 9 und das Zusammenwirken mit dem zweiten diffraktiven optischen Element 8.

Der Laser 1 ist ein in der Mikrolithographie im tiefen Ultraviolett (DUV) gebräuchlicher KrF-Excimer-Laser mit 248 nm Wellenlänge, wie z. B. in EP 0 312 341 angegeben.

Ein Strahlaufweiter 14, z. B. eine Spiegelanordnung nach DE-A 41 24 311 dient zur Kohärenzreduktion und Vergrößerung des Strahlquerschnitts auf z. B. $y = 35 \pm 10$ mm, $x = 10 \pm 5$ mm.

Der Verschuß 13 kann auch durch eine entsprechende Pulssteuerung des Lasers 1 ersetzt sein.

Ein erstes diffraktives optisches Rasterelement 9 ist erfindungsgemäß vorgesehen und bildet die Objektebene eines Objektivs 2, in dessen Austrittspupille das zweite diffraktive optische Rasterelement 8 vorgesehen ist.

Eine Einkoppeloptik 4 überträgt das Licht auf die Eintrittsfläche 5e eines Glasstabs 5, der durch mehrfache innere Reflexion das Licht mischt und homogenisiert. Unmittelbar an der Austrittsfläche 5a ist eine Zwischenfeldebene, in der ein Reticle-Masking-System (REMA) 51, eine verstellbare Feldblende, angeordnet ist. Das nachfolgende Objektiv 6, mit Linsengruppen 61, 63, 65, Umlenkspiegel 64 und Pupillenebene 62 bildet die Zwischenfeldebene des Reticle-Masking-Systems 51 auf das Reticle 7 ab.

Dieses Beleuchtungssystem bildet zusammen mit einem Projektionsobjektiv und einem verstellbaren Wafer-Halter eine Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie von elektronischen Bauteilen, aber auch von optischen diffraktiven Elementen und anderen

mikrostrukturierten Teilen.

Bei einem Wafer-Stepper wird auf dem Reticle 7 die gesamte einem Chip entsprechende strukturierte Fläche, im Allgemeinen ein Rechteck mit einem beliebigen Aspektverhältnis von z. B. 1 : 1 bis 1 : 2, insbesondere 1 : 1,3, so gleichmäßig wie möglich und so randscharf wie möglich beleuchtet.

Bei einem Wafer-Scanner wird auf dem Reticle 7 ein schmaler Streifen, ein Rechteck mit einem Aspektverhältnis von 1 : 2 bis 1 : 8, beleuchtet und durch Scannen das gesamte strukturierte Feld eines Chips seriell beleuchtet. Auch hier ist die Beleuchtung extrem gleichmäßig und randscharf (nur in Richtung senkrecht zur Scanrichtung) zu gestalten.

In Ausnahmefällen sind auch andere Formen der beleuchteten Fläche auf dem Reticle 7 möglich. Die Öffnung des Reticle-Masking-Systems 51 und der Querschnitt des Glasstabs 5 sind der benötigten Form genau angepaßt.

Die Ausführung der dem Glasstab 5 vorgelagerten Teile insbesondere der optischen Rasterelemente 8 und 9, ist so gewählt, daß die Eintrittsöffnung 5e nicht nur möglichst homogen, sondern auch mit höchstmöglichem Wirkungsgrad, d. h. ohne wesentliche Lichtverluste neben der Eintrittsöffnung 5e, ausgeleuchtet wird.

Dazu dienen folgende Maßnahmen:

Der vom Strahlaufweiter 14 kommende parallele Lichtstrahl mit rechteckigem Querschnitt und einer nicht rotationssymmetrischen Divergenz von $\Theta_x = 1$ mrad, $\Theta_y = 3$ mrad wird durch das erste diffraktive Rasterelement 9 nur soweit in der Divergenz, also dem Lichtleitwert, und seiner Form verändert, daß sich eine angenäherte Kreis-, Ring-, oder Quadrupolverteilung ergibt, wodurch auch die Austrittspupille — am Ort des zweiten Rasterelements 8 — des Objektivs 2 in der entsprechenden Form ausgeleuchtet wird. Die numerische Apertur des ersten diffraktiven Rasterelements 9 beträgt z. B. $NA = 0,025$.

Die geringe Divergenz in der Objektebene des Objektivs 2 erlaubt es, dieses mit kleinen Linsendurchmessern und damit kostengünstig und mit einfach erreichbarer guter Korrektur, sowie großem Zoombereich auszuführen. Durch die rotationssymmetrische Pupille werden die Linsenquerschnitte gut vom Lichtbündel ausgenutzt. Es ist nur eine numerische Apertur von z. B. 0,025 des Objektivs 2 erforderlich.

Wie in DE 44 21 053 beschrieben, ist das Objektiv 2 ein Zoom-Objektiv (22) mit integriertem Axicon-Paar 21. Die Brennweite liegt im Bereich 600 mm bis 2000 mm mit einem dreifachen Dehnungsbereich, so daß partiell kohärente Beleuchtung mit den üblicherweise benötigten Werten $0,3 \leq \sigma \leq 0,9$ erzeugt werden kann. Die Pupillendurchmesser am zweiten diffraktiven Element 8 liegen dann bei 50 mm bis 100 mm.

Durch Verstellen des Axicon-Paars 21 lassen sich zudem angepaßte Ringaperturbeleuchtungen einstellen. Durch zusätzliche Blenden oder spezielle Pyramidenform des Axicon-Paars 21 lassen sich zudem Multipol-, insbesondere Quadrupol-Beleuchtungen erzeugen.

Das Objektiv 2 ist gegenüber den in DE 44 21 053 beschriebenen Beispielen durch die geringe numerische Apertur vereinfacht. Zudem ist das Objektiv 2 ein Kondensor, denn das erste Rasterelement 9 als sekundäre Lichtquelle steht in einer Brennebene, das zweite Rasterelement 8 steht im parallelen Strahlengang (Bildweite ∞). Auch das Axicon-Paar 22 ist im parallelen Strahlengang angeordnet.

Das zweite Rasterelement 8 führt eine Divergenz von

einzelnen Winkelgraden ein, und zwar in einer rechteckigen Verteilung mit einem Aspektverhältnis, das dem Aspektverhältnis der Eintrittsfläche 5e des Glasstabs 5 entspricht, also für einen Wafer-Stepper von z. B. 1 : 1,3.

So wird die erzeugte Divergenzverteilung in der Pupillenzwischenebene, in der das zweite optische Element 8 angeordnet ist, durch die Einkoppeloptik 4 auf die Eintrittsfläche 5e des Glasstabes 5 als Feldverteilung übertragen, die genau der Form und Größe der Eintrittsfläche 5e entspricht.

Für eine besonders vorteilhafte Ausführung des ersten Rasterelements 9 zeigt Fig. 2a eine Ansicht auf ein Element 91 des zweidimensionalen Rasters, Fig. 2b ein Phasenprofil davon. Das Element 91 ist sechseckig, da damit der zu erzeugenden rotationssymmetrischen Divergenzverteilung am besten entsprochen werden kann, und hat einen Seitenabstand von typisch $r = 1$ mm. Die Elemente 91 sind honigwabenartig zu dem zweidimensionalen Rasterelement 9 zusammengesetzt. Das entstehende Beugungsmuster hat damit mit der Laserwellenlänge $\lambda = 248$ nm die Periodizität $\lambda/r = 2,48 \cdot 10^{-4}$, entsprechend einem Winkel von $0,014^\circ$. Störungen durch Interferenzmuster entstehen daher nicht, weil der ankommende Laserstrahl eine räumliche Kohärenz von unter einem Millimeter und eine um Größenordnungen größere Divergenz hat.

Das Element 91 des Rasters ist eine beugende konkave Fresnel-Linse. Es weist acht ringförmige Stufen 911—914 ff. auf, mit einer Dicke $(\pi/4) \cdot \lambda$ (in der qualitativen Darstellung Fig. 2b sind nur vier Stufen dargestellt). Hergestellt wird sie durch Photolithographie und Ätzen mit einer minimalen Strukturbreite von 1 μ m.

Die Apertur des Elements 91 beträgt nur $NA = 0,025$. Eine Vielzahl von Elementen 91 ist zu einem rechteckigen diffraktiven optischen Rasterelement 9 zusammengesetzt, das die gesamte Querschnittsfläche des ankommenden Laserstrahls überdeckt. Der Beugungswirkungsgrad liegt bei über 80%.

Die damit in der Austrittspupille des Objektivs 2, also am Ort des zweiten diffraktiven optischen Rasterelements 8 erreichte radiale Intensitätsverteilung ist als Querschnitt gesehen an eine Rechteckfunktion sehr gut angenähert, der Randabfall ist kontinuierlich und steil, mit 50%-Punkten bei mehr als 0,9 mal, insbesondere über 0,95 mal, der Breite. Dazwischen ist der Intensitätsverlauf sehr homogen, ein rotationssymmetrisches Ripple liegt unter $\pm 5\%$ und hängt von der räumlichen Kohärenz und der Divergenz des Lasers 1 ab.

Das zweite diffraktive optische Rasterelement 8 ist eine Scheibe von 50 bis 100 mm Durchmesser mit stark anamorphotischer Wirkung. Es ist aus zweidimensional aneinandergereihten rechteckigen Elementen 81 mit rotationssymmetrischer Struktur aufgebaut, wovon eines in Fig. 3a schematisch in Ansicht dargestellt ist. Das Seitenverhältnis x/y entspricht dem Aspektverhältnis der Eintrittsfläche 5e des Glasstabs 5 und der auf dem Reticle 7 ausgeleuchteten Fläche, hier $x = 1,5$ mm, $y = 2$ mm. Für die Größe eines Elements 81 gelten die zu den Elementen 91 gemachten Aussagen ebenfalls. Die Anzahl der Elemente 81 ist so hoch, daß eine Verstellung des Kohärenzgrades σ von 0,3 bis 0,9 ohne störende Auswirkungen bleibt.

Auch die Elemente 81 sind beugende Fresnel-Linsenelemente mit negativer Brennweite von ca. — 10,5 mm. Sie sind hergestellt als Grauton-Linsen mit stetigem Dickenverlauf von 0 bis $6\pi \times \lambda$ in drei Ringen 811 bis 81i, vgl. Fig. 3b, die einen Querschnitt durch

Fig. 3a in x-Richtung zeigt.

Die erzeugte Divergenz liegt bei $0,5^\circ$ bis 7° mit einem x/y-Aspektverhältnis entsprechend dem Aspektverhältnis der Eintrittsfläche 5e des Glasstabs 5.

Alternativ können die Elemente 81, wie im Querschnitt der Fig. 3c gezeigt, als binäre diffraktive Phasenprofil-Linsen gestaltet werden, d. h. es sind nur Stege 821—82i einheitlicher Höhe $\pi \cdot \text{Lambda}$, aber unterschiedlicher Breite und mit unterschiedlichem Abstand als beugende Strukturen vorhanden. Dem Vorteil kleinerer Ätztiefen steht das Problem kleinerer Strukturbreiten gegenüber.

Das gesamte zweite diffraktive optische Rasterelement 8 in der Anordnung nach Fig. 1 bewirkt in der Eintrittsfläche 5e des Glasstabs 5 eine homogene Intensitätsverteilung, die in x- und y-Richtung jeweils eine angenäherte Rechteckfunktion mit einer Kantensteilheit und Welligkeit im Plateau-Bereich wie die Intensitätsverteilung auf der Eintrittsseite des Rasterelements 8, die vom ersten diffraktiven Rasterelement 9 geprägt ist.

Mit dieser gleichmäßigen Intensitätsverteilung wird eine sehr hohe Strahlungsbelastung des folgenden optischen Systems, insbesondere des Glasstabs, möglich, da alle Materialquerschnitte gleichmäßig und ohne schädliche Intensitätsspitzen durchstrahlt werden.

Alternativ zu den am Beispiel gezeigten diffraktiven optischen Rasterelementen können auch refraktive Linsenraster aus UV-festem Material, insbesondere Quarz, eingesetzt werden.

Patentansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung für ein Projektions-Mikrolithographie-Gerät mit einem Laser (1) und einem Objektiv (2), dadurch gekennzeichnet, daß in der Austrittspupille und der Objektebene des Objektivs (2) oder in dazu äquivalenten Ebenen der Beleuchtungseinrichtung je ein optisches Rasterelement (8, 9) mit zweidimensionaler Rasterstruktur angeordnet ist.
2. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das erste optische Rasterelement (9) die rechteckförmige Divergenzverteilung des vom Laser (1, 14) kommenden Lichtbündels in eine kreis-, ring-, oder quadrupolförmige ausgangsseitige Divergenzverteilung umformt.
3. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Rasterelement (9) richtungsabhängige Divergenzen erzeugt.
4. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die ausgangsseitige Divergenzverteilung des ersten optischen Rasterelements (9) so eng ist, daß das Objektiv (2) nur eine numerische Apertur kleiner als 0,1, vorzugsweise kleiner als 0,03, benötigt.
5. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—4, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite optische Rasterelement (8) in der Austrittspupille des Objektivs (2), die eine definierende Ebene für die Pupille der Beleuchtungseinrichtung ist, angeordnet ist und die Divergenz um ein Mehrfaches erhöht.
6. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—5, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite optische Rasterelement (8) die Divergenzverteilung anamorphotisch umformt, so daß

das ausgeleuchtete Feld (5e) der Beleuchtungseinrichtung rechteckig ist.

7. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Aspektverhältnis des rechteckigen Felds im Bereich 1:1 bis 1:2 liegt, die Einrichtung also für Wafer-Stepper geeignet ist.

8. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Aspektverhältnis im Bereich 1:2 bis 1:8 liegt, die Einrichtung also für Wafer-Scanner geeignet ist.

9. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—8, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektiv (2) ein Zoom-Objektiv, insbesondere ein Zwei- bis Vierfach-Zoom ist.

10. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—9, dadurch gekennzeichnet, daß das Objektiv (2) ein verstellbares Axicon-Paar (21) enthält, mit dem wahlweise ringförmige Beleuchtungen erzeugt werden.

11. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 9 und 10, dadurch gekennzeichnet, daß das Axicon-Paar (21) und die Zoomstellung (22) unabhängig voneinander einstellbar sind.

12. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—11, dadurch gekennzeichnet, daß auf das zweite optische Rasterelement (8) ein Einkoppelobjektiv (4) und ein homogenisierendes Glasstab (5) folgen, und daß der Querschnitt des Glasstabs (5) dem Aspektverhältnis des ausgeleuchteten Feldes der Beleuchtungseinrichtung angepaßt ist.

13. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—12, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen Laser (1) und erstem optischem Rasterelement (9) eine Spiegelanordnung (14) vorgesehen ist, welche den Strahlquerschnitt vergrößert und die Kohärenz reduziert.

14. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—13, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Rasterelement (8, 9) aus einer zweidimensionalen Anordnung von diffraktiven Elementen (81, 91) besteht.

15. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein diffraktives optisches Rasterelement (8, 9) aus einer Vielzahl im Raster angeordneter Phasenstufen-Fresnellinsen (81, 91) besteht.

16. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenstufen-Fresnellinsen (81, 91) in der Randzone bis zu acht Stufen aufweisen, in der zentralen Zone bis zu 32 Stufen.

17. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die diffraktiven Elemente (81, 91) rein binäre optische Elemente sind (Fig. 3c).

18. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die diffraktiven Elemente (81, 91) kleinste Strukturbreiten von $0,5 \mu\text{m}$ bis $1,5 \mu\text{m}$ aufweisen und mikrolithographisch erzeugt sind.

19. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1—18, enthaltend Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß ein diffraktives optisches Rasterelement (8, 9) aus einer Vielzahl im Raster angeordneter quasikontinuierlich strukturierter Fresnellinsen besteht (Fig. 3b).

20. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 19, da-

durch gekennzeichnet, daß die Fresnellinsen durch Mikrolithographie mit Graustufenmaske erzeugt sind (Fig. 3b).

21. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 15–20, dadurch gekennzeichnet, daß das Raster ein Rastermaß der Größenordnung 1 mm aufweist. 5

22. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 15–21, dadurch gekennzeichnet, daß die Fresnellinsen (81, 91) bis auf eine nicht-periodische Phasenverschiebung zweidimensional periodisch im Raster angeordnet sind. 10

23. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1–22, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Rasterelement (8, 9) negative Brennweite hat. 15

24. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1–23, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Rasterelement aus einem Array refraktiver Mikrolinsen besteht. 20

25. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Mikrolinsen Fresnellinsen sind.

26. Beleuchtungseinrichtung nach mindestens einem der Ansprüche 1–25, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Rasterelement (8) eine kreisförmige, ringförmige oder quadrupolförmige Lichtverteilung erzeugt. 25

7. Beleuchtungsanordnung nach mindestens einem der Ansprüche 1–26, dadurch gekennzeichnet, daß ein optisches Rasterelement (8, 9) den Lichtleitwert erhöht. 30

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

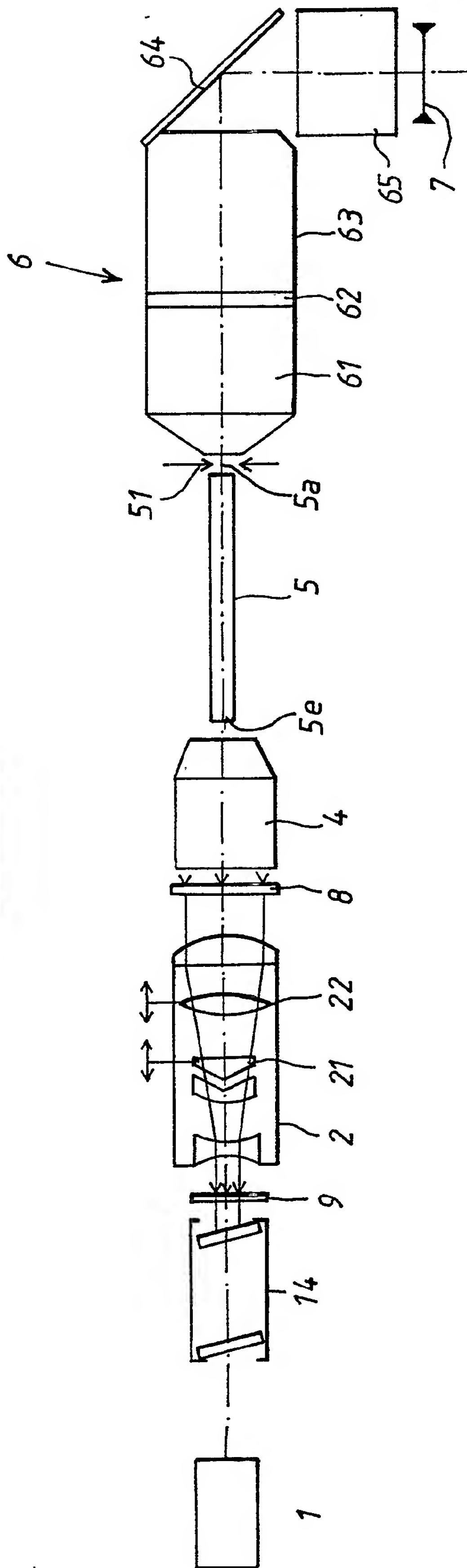


FIG. 2

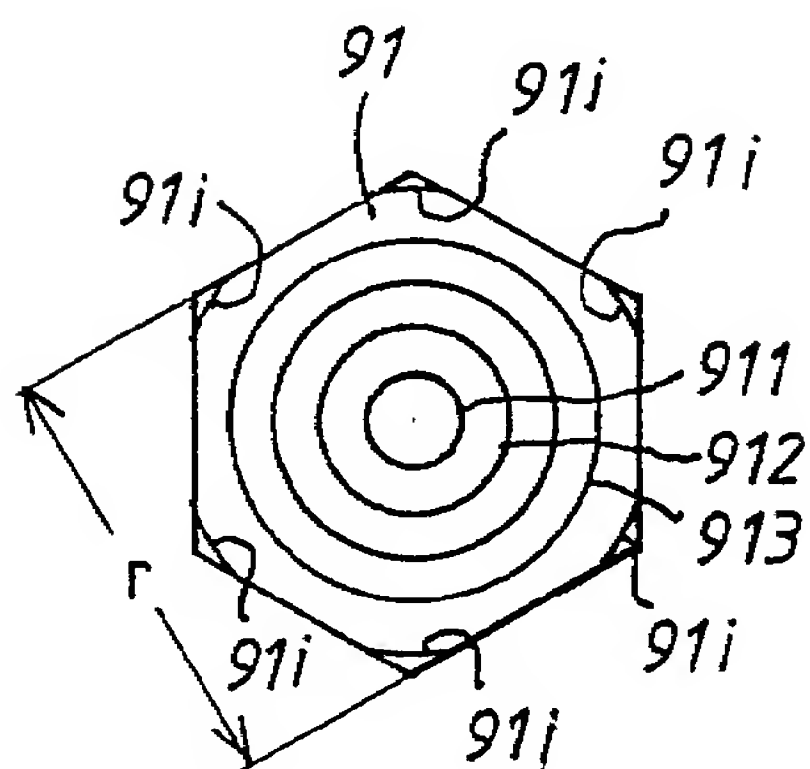


FIG. 3a

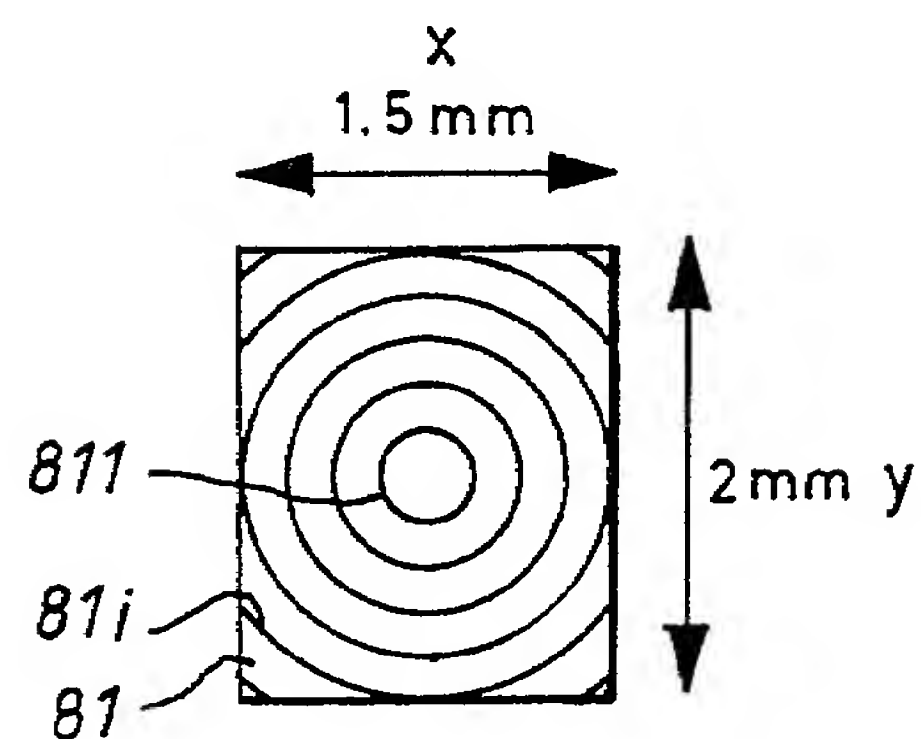


FIG. 3b



FIG. 3c

